

課題番号 : F-13-TU-0089  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名 (日本語) : 電子線誘起電流イメージングを用いたシリコンの機械的疲労挙動の観察  
Program Title (English) : Observation of mechanical behavior in silicon by using electron beam induced current imaging  
利用者名(日本語) : 泉 隼人, 喜多 俊文  
Username (English) : Hayato Izumi, Toshifumi Kita  
所属名(日本語) : 名古屋工業大学大学院工学研究科機能工学専攻  
Affiliation (English) : Department of mechanical Engineering, Nagoya Institute of Technology

## 1. 概要 (Summary)

微小電子機械システム(Micro Electro Mechanical Systems, MEMS)の主な構成材料であるシリコンの疲労機構は未解明である。脆性材料ゆえ金属材料とは全く異なる表面酸化膜起因の仮説が提唱される一方、圧縮応力下では転位生成の活性化エネルギーが大きく低下するという報告もある。そこで本研究では転位等内部欠陥と疲労機構の関連の可能性を検討するため、圧縮応力が集中するように試験片を設計した。この試験片を用いて、高湿度環境中で繰り返し圧縮応力を受ける試験片内部の結晶欠陥を電子線誘起電流(Electron Beam Induced Current, EBIC)イメージングによって観察し、疲労過程の可視化を試みた。

## 2. 実験 (Experimental)

単結晶シリコンウェハより作製した短冊形状の試験片にイオン注入装置NH-20SRによって表面にリンを注入、裏面にボロンを注入した後、アニール炉XL-7で熱拡散させ、p-n接合を設けた。高湿度環境中において圧縮応力のみがかかるように繰り返し応力試験を行い、試験過程における疲労損傷状態の変化を電子工学的手法のEBICイメージングを用いて観察を行った。本観察では、走査型電子顕微鏡(Scanning Electron

Microscope, SEM)中の電子線が p-n 接合面に侵入することで表面近傍の領域の電気的性質に関する情報が得られている。

## 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Fig.1 は圧縮応力が集中するように設けた楕円形状の溝の長軸端近傍を拡大観察したものであり、疲労試験前後における EBIC 像と疲労試験後の二次電子像 (Secondary Electron Image, SEI)である。疲労試験後において、試験前の楕円溝形状を示した Fig.1(b)の破線を超えて暗領域が増えており、SEI ではその暗領域が確認されないことから、試験の過程において内部欠陥が発生したものと考えられる。したがって、圧縮応力により発生する欠陥が疲労機構に関与している可能性が強く示唆された。

## 4. その他・特記事項 (Others)

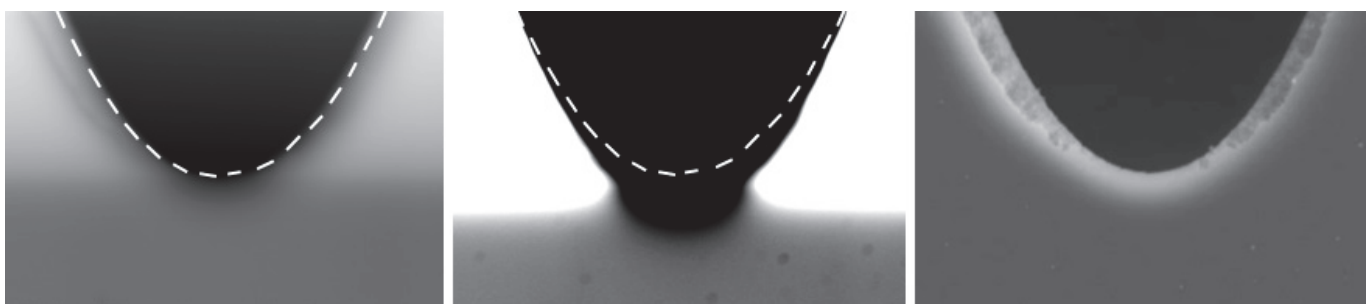
本研究の一部は、日本学術振興会の科研費 23360054 の助成を受けて実施された。

## 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) 喜多俊文 他, 日本機械学会 2013 年度年次大会, 平成 25 年 9 月 9 日.

## 6. 関連特許 (Patent)

なし



(a) Before fatigue test

(b) After  $6 \times 10^6$  cyclic loading

(c) Secondary electron image

Fig. 1 EBIC and SE images of a tip of the oval trench obtained through the fatigue process